

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-257939

(43) 公開日 平成11年(1999) 9月24日

(51) Int.Cl.⁸

識別記号

F I

G 0 1 B 15/00

G 0 1 B 15/00

B

H 0 1 L 21/66

H 0 1 L 21/66

J

// H 0 1 J 37/28

H 0 1 J 37/28

B

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号

特願平10-61089

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(22) 出願日

平成10年(1998) 3月12日

(72) 発明者 丸山 ゆみこ

神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 株

式会社東芝横浜事業所内

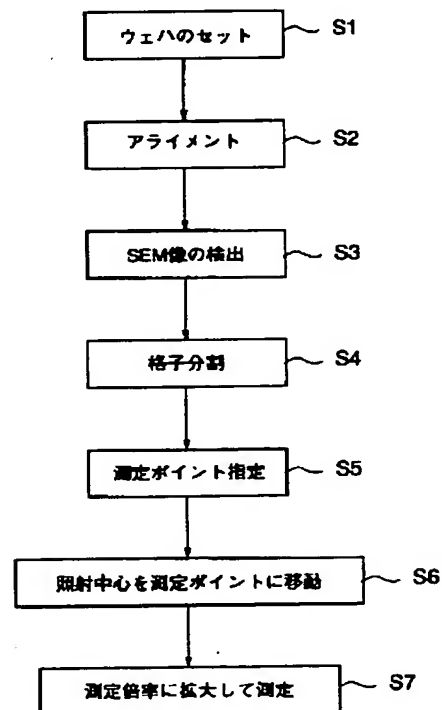
(74) 代理人 弁理士 鈴江 武彦 (外 6 名)

(54) 【発明の名称】 パターン寸法測定方法

(57) 【要約】

【課題】 測定パターンを特定するために全ての測定ポイントを入力する等の操作を要することなく、微細パターンの自動測定を可能とし、寸法ばらつきの少ないリソグラフィプロセスの開発に寄与する。

【解決手段】 ウェハ上に規則的に配置された微細パターンに対し、測長SEMを用いて複数の点でパターン寸法の測定を行うパターン寸法測定方法において、電子ビーム走査によりSEM像を検出し(S3)、検出されたSEM像から微細パターンと同一の繰り返し周期を持つ格子を仮想的に生成し(S4)、生成された格子の交点を測定ポイントとして指定し(S5)、指定されたポイントで多点自動測定を行う。



【特許請求の範囲】

【請求項1】試料上に規則的に配置された微細パターンに対し、電子ビームを用いて複数の点でパターン寸法の測定を行う方法において、

前記微細パターンと同一の繰り返し周期を持つ格子を仮想的に生成し、該格子の交点を測定点とすることにより、多点自動測定を行うことを特徴とするパターン寸法測定方法。

【請求項2】前記測定点を決定する際に、電子ビームの走査により実際のパターンから得られるSEM画像と予め設定された画像テンプレートとのパターンマッチングを行うことを特徴とする請求項1記載のパターン寸法測定方法。

【請求項3】前記パターンマッチングで得られる相関係数に位置情報による重み付けを行うことにより、設定した測定点の最近傍に位置するパターンを優先的に測定することを特徴とする請求項2記載のパターン寸法測定方法。

【請求項4】前記格子を生成する際に、画像テンプレートを用いてパターン認識を行い、該パターン認識により隣接するパターン間の水平方向の距離、垂直方向の距離、及び角度を算出することを特徴とする請求項1記載のパターン寸法測定方法。

【請求項5】試料上に規則的に配置された微細パターンに対し、電子ビームを用いて複数の点でパターン寸法の測定を行う方法において、電子ビームの走査により実際のパターンから得られるSEM画像と予め設定された画像テンプレートとのパターンマッチングを行い、このパターンマッチングにより予め設定された値以上の相関係数が得られた座標を抽出し、抽出した座標に番号付けを行い、得られた番号順に測定を行うことを特徴とするパターン寸法測定方法。

【請求項6】試料上に規則的に配置された微細パターンに対し、電子ビームを用いて複数の点でパターン寸法の測定を行うパターン寸法測定装置において、前記微細パターンと同一の繰り返し周期を持つ格子を仮想的に生成する手段と、生成された格子の交点を測定点として多点自動測定を行う手段とを具備してなることを特徴とするパターン寸法測定装置。

【請求項7】試料上に規則的に配置された微細パターンに対し、電子ビームを用いて複数の点でパターン寸法の測定を行うためのプログラムであって、前記微細パターンと同一の繰り返し周期を持つ格子を仮想的に生成させる手順と、生成させた格子の交点を測定点として決定させる手順と、決定された測定点で多点自動測定を行わせる手順と、を実行させるようにコンピュータを制御するためのプログラムを格納したコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、微細パターンの寸法測定技術に係わり、特に多点自動測定を可能とするパターン寸法測定方法及び測定装置、更にはこの測定方法を実施するためのプログラムを格納した記録媒体に関する。

【0002】

【従来の技術】近年の半導体デバイスパターンの微細化に伴い、パターン寸法のばらつきをモニタし、管理していくことが益々重要になってきている。一般に、レジストパターン等の微細パターンの寸法は、測長SEMによって測定される。例えば、メモリセル領域内の測定では、任意の複数のパターンを測定して微小な領域での寸法ばらつきを算出するが、このばらつきの要因を調べるため、例えばマスク寸法のばらつきとの相関を調べたい場合などは、測定されるべきパターンは特定されている必要がある。

【0003】ところが、現在用いられている測長SEMでは、微小な領域での寸法のばらつきを自動的に測定するのに適当な制御シーケンスがない。測定パターンを特定するためには全ての測定ポイントの座標を入力しなくてはならず、レシピ作成に多大な手間がかかる。

【0004】一方、マスク測長機等では、あるピッチステージを移動させて漸次測定を行っていく方法が採られているが、より微細な寸法を測定するウェハ測定に対してはステージ停止精度は十分ではなく、位置ずれが生じた場合に目的のパターンが視野中心に来ないために測定できない可能性がある。また、十分なステージ停止精度が得られたとしても、測定前に行われたパターンマッチングにより観察視野内にある目的と別のパターンを誤認識して測定してしまう可能性もある。上記理由から、現在微小な領域の寸法ばらつきを測定するためには自動測定を用いずにマニュアルで行っているが、これには多大な時間と労力を要する。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】このように従来、微細パターンの寸法を測定するには測長SEMが用いられているが、寸法ばらつきを自動的に測定するのに適当な制御シーケンスがなく、測定パターン特定のために全測定ポイントの座標入力が必要で多大な手間がかかる。また、ステージを移動させて漸次測定を行っていく方法では、ウェハ測定に対してステージ停止精度が十分とは言えず、さらにパターンマッチングにより別のパターンを誤認識してしまう可能性もある。このため、微小な領域の寸法ばらつきを測定するにはマニュアルで行わざるを得ず、これには多大な時間と労力を要するという問題があった。

【0006】本発明は、上記事情を考慮して成されたもので、その目的とするところは、測定パターンを特定するために全ての測定ポイントを入力する等の操作を要することなく、微細パターンの自動測定を可能とし、寸法

ばらつきの少ないリソグラフィプロセスの開発に寄与し得るパターン寸法測定方法及び測定装置を提供することにある。また本発明の別の目的は、上記方法を実施するためのプログラムを格納した記録媒体を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】（構成）上記課題を解決するために本発明は、次のような構成を採用している。即ち本発明は、試料上に規則的に配置された微細パターンに対し、電子ビームを用いて複数の点でパターン寸法の測定を行うパターン寸法測定方法において、前記微細パターンと同一の繰り返し周期を持つ格子を仮想的に生成し、該格子の交点を測定点とすることにより、多点自動測定を行うことを特徴とする。

【0008】また本発明は、試料上に規則的に配置された微細パターンに対し、電子ビームを用いて複数の点でパターン寸法の測定を行うパターン寸法測定方法において、電子ビームの走査により実際のパターンから得られるSEM画像と予め設定された画像テンプレートとのパターンマッチングを行い、このパターンマッチングにより予め設定された値以上の相関係数が得られた座標を抽出し、抽出した座標に番号付けを行い、得られた番号順に測定を行うことを特徴とする。

【0009】また本発明は、試料上に規則的に配置された微細パターンに対し、電子ビームを用いて複数の点でパターン寸法の測定を行うパターン寸法測定装置において、前記微細パターンと同一の繰り返し周期を持つ格子を仮想的に生成する手段と、生成された格子の交点を測定点として多点自動測定を行う手段とを具備してなることを特徴とする。

【0010】また本発明は、試料上に規則的に配置された微細パターンに対し、電子ビームを用いて複数の点でパターン寸法の測定を行うためのプログラムで、かつコンピュータ読み取り可能なプログラムを格納した記録媒体であって、前記プログラムは、前記微細パターンと同一の繰り返し周期を持つ格子を仮想的に生成させる手順と、生成させた格子の交点を測定点として決定させる手順と、決定された測定点で多点自動測定を行わせる手順と、を実行させるようにコンピュータを制御することを特徴とする。

【0011】ここで、本発明の望ましい実施態様としては次のものがあげられる。

- (1) 測定点を決定する際に、電子ビームの走査により実際のパターンから得られるSEM画像と予め設定された画像テンプレートとのパターンマッチングを行うこと。
- (2) パターンマッチングで得られる相関係数に位置情報による重み付けを行うことによって、設定した測定点の最近傍に位置するパターンを優先的に測定すること。
- (3) 格子を生成する際に、画像テンプレートを用いたパターン認識を行い、このパターン認識により隣接するパ

ターン間の水平方向の距離、垂直方向の距離、及び角度を算出すること。

【0012】（作用）本発明によれば、微細パターンの周期と同一の繰り返し周期を持つ格子を仮想的に生成し、該格子の交点（格子点）を測定点としているので、測定点が格子により自動的に決定されることになる。従って、従来のように測定点全ての座標を入力する必要がなくなり、測定の自動化及びレシピ作成の容易化をはかることが可能となる。また、SEM画像と画像テンプレートとのパターンマッチングにより予め設定された値以上の相関係数が得られた座標を抽出し、抽出した座標に番号付けを行い、得られた番号順に測定を行うことによっても、測定点全ての座標を入力する必要がなくなるため、測定の自動化及びレシピ作成の容易化をはかることが可能となる。

【0013】また、実際のパターンから得られるSEM画像と画像テンプレートとのパターンマッチングを行い、且つパターンマッチングで得られる相関係数に位置情報による重み付けを行うことにより、測定点近傍に存在するパターンが確実にマッチングポイントとなるので、目的とするパターンをより確実に測定することができ、さらに、格子点の座標とマッチングポイントの座標のずれを求めることにより、パターンの位置ずれを測定することも可能となる。

【0014】また、パターン認識により隣接するパターン間の水平方向の距離、垂直方向の距離、及び角度を算出して格子を生成することにより、殆ど人の手を介することなく自動測定することが可能となる。さらに、マッチングポイントが決定された後、測定パターンのセンタリングは電子ビームの光軸の変位により行われるので、ステージ移動に基づく位置ずれの影響を受けない測定が可能となる。

【0015】

【発明の実施の形態】以下、本発明の詳細を図示の実施形態によって説明する。

（第1の実施形態）図1は、本発明の第1の実施形態に係るパターン寸法測定方法を説明するためのフローチャートである。なお、本実施形態方法は、例えば磁気ディスク等の記録媒体に記録されたプログラムを読み込み、このプログラムによって動作が制御されるコンピュータによって実現される。

【0016】本実施形態では、図2に示すようなツインホールパターンの多点測定を行うものとする。まず、測定されるべきウェハを装置にセットし（S1）、測長SEM試料室内へ搬送する。次いで、アライメント操作を行い（S2）、ウェハのローテーションを補正した後、サンプル上に電子ビームを走査する。次いで、測定者は測定したいパターンの全て或いはその一部が視野内に収まるような倍率でのSEM像を出す（S3）。そして、このSEM像を等間隔の格子に分割する（S4）。

【0017】格子分割に際しては、例えば図3に示すように、測定開始点1（図中の十字マーク1）と格子の縦方向のピッチ2、横方向のピッチ3を指定することにより、SEM像が図中の4に示すような格子に分割される。なお、格子は長方形である必要はなく、図4に示すような菱形でも、三角形などの多角形でもよい。

【0018】また、本実施形態は測定開始点とピッチの入力により格子パターンを発生させたが、図4に示すように、最小単位格子の頂点11を測定者がマニュアルで指定する方法でも格子の発生が可能である。即ち、頂点の選択が行われた後、隣接する頂点同士を直線12で結び、頂点同士の距離13を求め、直線12と平行な直線を距離13毎に発生させることで、図4に示すような格子を形成できる。測定開始点は測定者によるマニュアル指定でもよいし、パターンマッチング等による自動指定でもよい。

【0019】次いで、測定ポイントを指定する（S5）。指定の仕方は任意でもよいし、或いは図3中の黒丸5に示すように一つおきに設定してもよいし、勿論格子点全てを測定点としてもよい。このようにして測定点の座標を決定する。さらに、測定順番を決定する。この後、電子ビームの光軸を変位させて照射中心を測定ポイントに移動させ（S6）、測定倍率に拡大した後に測定を行う（S7）。また、測定結果には測定値の他にどの格子点での測定結果かを明記するようにすれば、場所の特定が簡便になり、データの整理がしやすくなる。

【0020】このように本実施形態によれば、SEM画像を等間隔の格子に分割し、得られた格子に基づいて測定ポイントを指定し、測定点の座標及び測定順番を決定することにより、測定点全ての座標を入力する必要はなくなり、極めて簡便な方法によって微小な領域でのパターン寸法多点測定が可能となる。このため、寸法ばらつきの要因の解析が容易となり、それ故、寸法ばらつきの少ないリソグラフィプロセスの開発が促進される。

【0021】（第2の実施形態）本実施形態においても、図2に示すようなツインホールパターンの多点測定をするものとする。

【0022】まず、測定されるべきウェハを装置にセットし、測長SEM試料室内へ搬送する。次いで、アライメント操作を行いウェハのローテーションを補正した後、サンプル上に電子ビームを走査する。その後、測定したいパターン全てが視野内に収まるような倍率でのSEM像を出す。そして、このSEM像を格子に分割する。

【0023】分割の方法は以下のように行う。まず、図5に示すような画像テンプレートを準備する。図5中に示された十字マーク8はマッチングポイントである。このテンプレートを用いて観察領域内でパターンマッチングを行う。通常は、テンプレートとの相関係数が最も高いところをマッチングポイントとするが、あるしきい値

を設定しておき、設定値以上の相関係数が得られるポイント全てをマッチングポイントとする。

【0024】次いで、得られたポイントの各座標に対して独立な2方向に最隣接するもの同士を結ぶ最小2乗法等による直線近似を行い、得られた全ての線の交点を格子点とする。

【0025】例えば、図6において、マッチングポイント27に対してはAの方向に隣接するマッチングポイント29とBの方向に隣接するマッチングポイント28があるが、Aの方向に隣接するもの同士、Bの方向に隣接するもの同士に対してそれぞれ最小2乗法により直線近似を行って格子線12を形成する。

【0026】このような方法によれば、図4と同様の格子パターンを発生させることができる。これらの操作により得られた格子点全てに対して第1の実施形態と同様の測定操作を行うことにより、測定点全ての座標を入力する必要はなくなり、簡便な方法で微小な領域でのパターン寸法多点測定が可能となり、第1の実施形態と同様の効果が得られる。

【0027】また本実施形態では、SEM像と画像テンプレートとのパターンマッチングを行って、相関係数が最も高いところをマッチングポイントとしているので、目的とするパターンを確実に測定することができる。さらに、格子点の座標とマッチングポイントの座標のずれを求めることにより、パターンの位置ずれを測定することもできる。

【0028】（第3の実施形態）本実施形態においても、図2に示すようなツインホールパターンの多点測定をするものとする。

【0029】まず、測定されるべきウェハを装置にセットし、測長SEM試料室内へ搬送する。次いで、アライメント操作を行いウェハのローテーションを補正した後、サンプル上に電子ビームを走査する。その後、測定したいパターン全てが視野内に収まるような倍率でのSEM像を出す。そして、このSEM像を格子に分割する。

【0030】格子の分割は、以下のような方法を用いて自動的に行う。図7を用いて説明する。観察領域全てに対し、前記図5に示すような画像テンプレートを用いてパターン認識を行い、予め設定しておいた値以上の相関係数が得られるポイント全てをマッチングポイントとする。次いで、観察領域の原点14（例えば観察領域の左上端など）に最も近いマッチングポイント15とこれと水平方向に隣接するマッチングポイント16との水平方向の距離18を算出する。

【0031】次いで、マッチングポイント15と垂直方向に隣接するマッチングポイント17との垂直方向の距離19を求める。その後、マッチングポイント近傍のパターンとこれに最隣接するパターン21とのパターン間の最短距離を画像処理により求める。画像を順次回転さ

せていき対向するパターンエッジ間のピクセル数を算出し、この最小値より最短距離が求まる。

【0032】最短距離を求めた際の回転角度22はパターン20とパターン21を結ぶ線と水平線とのなす角度に相当するので、この角度22、水平方向の距離18、垂直方向の距離19より格子を発生させることができる。マッチングポイント15を通り、水平線と角度22をなす直線23及び直線24を生成し、直線23に平行な線25を水平方向に18の繰り返し周期で、直線24に平行な線26を垂直方向に19の繰り返し周期でそれぞれ発生させれば格子を形成できる。

【0033】このようにして得られた格子点に対して第1の実施形態と同様の測定を行うことにより、測定点全ての座標を入力する必要はなくなり、簡便な方法で微小な領域でのパターン寸法多点測定が可能となり、第1の実施形態と同様の効果が得られる。また、本実施形態においてもSEM像と画像テンプレートとのパターンマッチングを行っていることから、第2の実施形態と同様の効果も得られる。さらに、パターン認識により隣接するパターン間の水平方向の距離、垂直方向の距離、及び角度を算出して格子を生成しているので、殆ど人の手を介することなく自動測定することが可能となる。

【0034】(第4の実施形態)本実施形態においても、図1に示すようなツインホールパターンの多点測定を行うものとする。

【0035】まず、測定されるべきウェハを装置にセットし、測長SEM試料室内へ搬送する。次いで、アライメント操作を行いウェハのローテーションを補正した後、サンプル上に電子ビームを走査する。

【0036】次いで、第1～第3の実施形態のいずれかに記載した方法によりSEM像を格子に分割し、測定位置を決定する。この後、電子ビームの光軸を変位させて照射中心を測定ポイントに移動させた後、SEM像を測定倍率に拡大し測定が行われるわけだが、低倍率と高倍率とでビームの照射中心がずれるなどの理由から、測定倍率にて目的のパターンが視野中心に入らず目的のパターンが測定できない場合がある。そこで、以下のようなプロセスにより、目的のパターンを確実に測定するようにする。

【0037】最初に測定されるべき測定開始点1の近傍に電子ビームの照射中心を移動させ、測定結果に拡大した後再度のパターンマッチングを行う。通常のパターンマッチングでは、前記図5に示すような画像テンプレートと実際のSEM画像との相関係数を算出して観察領域内で最も高い相関係数を示す点をマッチングポイントとするが、本実施形態においては、前記図3に示すような測定開始点1を中心とする、ある定められた領域内で相関係数が高くなるように相関係数に重み付けを行う。

【0038】即ち、測定開始点1の座標が (x_0, y_0) の時に相関係数 $r(x, y)$ に $f(x - x_0, y -$

$y_0)$ を乗算する。 $f(x - x_0, y - y_0)$ としては、例えば窓関数、 $\text{rect}\{(x - x_0, y - y_0) / a\}$ 等 (x_0, y_0) を中心とする幅 a の領域で数値が大きくなるような関数を用いる。

【0039】このようにすると、測定点開始点1近傍に存在するツインホールパターンが優先的にマッチングされることになり、目的のパターンの測定が可能となる。次いで、測定点開始点1に隣接する測定点6において同様の操作が行われる。即ち、測定点6の座標 (x_6, y_6) に対して重み付けされたパターンマッチングが行われ、測定が行われる。このようにして全ての測定点が測定されるまでこの操作が繰り返される。

【0040】本実施形態においては、第1の実施形態と同様の効果が得られるのは勿論のこと、次のような効果が得られる。即ち、SEM像と画像テンプレートとのパターンマッチングで得られる相関係数に位置情報による重み付けを行っているので、測定点近傍に存在するパターンが確実にマッチングポイントとなる。このため、目的とするパターンをより確実に測定することができる。

【0041】(第5の実施形態)本実施形態においても、図2に示すようなツインホールパターンの多点測定をするものとする。

【0042】まず、測定されるべきウェハを装置にセットし、測長SEM試料室内へ搬送する。次いで、アライメント操作を行いウェハのローテーションを補正した後、サンプル上に電子ビームを走査する。その後、測定したいパターン全てが視野内に収まるような倍率でのSEM像を出す。そして、SEM像に対して前記図5に示すような画像テンプレートにより観察領域内でパターンマッチングを行う。

【0043】ここで、本実施形態では先の第2の実施形態と同様に、予め設定された値以上の相関係数が得られるポイント全てをマッチングポイントとする。このマッチングポイントに対して、図8に示したようにある方向に規則的に番号付けを行い、番号順に測定点を測定する。なお、番号を付けるポイントはマッチングポイント全てである必要はなく、測定者が任意に選べるものとする。

【0044】本実施形態によれば、SEM像と画像テンプレートとのパターンマッチングにより予め設定された値以上の相関係数が得られた座標を抽出し、抽出した座標に番号付けを行い、得られた番号順に測定を行うようにしているので、測定点全ての座標を入力する必要がなくなり、測定の自動化をはかることが可能となる。従って、先の第2の実施形態と同様の効果が得られる。

【0045】なお、本発明は上述した各実施形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で、種々変形して実施することができる。例えば、実施形態において記載した手法は、コンピュータに実行させることのできるプログラムとして、例えば磁気ディスク(フロ

ッピーディスク、ハードディスク等)、光ディスク(CD-ROM、DVD等)、半導体メモリなどの記録媒体に書き込んで各種装置に適用したり、通信媒体により伝送して各種装置に適用することも可能である。本発明の方法を実施するコンピュータは、記録媒体に記録されたプログラムを読み込み、このプログラムによって動作が制御されることにより、上述した処理を実行するものであればよい。

【0046】

【発明の効果】以上詳述したように本発明によれば、微細パターンと同一の繰り返し周期を持つ格子を仮想的に生成し、該格子の交点を測定点として多点自動測定を行うことにより、測定パターンを特定するために全ての測定ポイントを入力する等の操作を要することなく、微細パターンの自動測定が可能となる。従って、寸法ばらつきの少ないリソグラフィプロセスの開発に寄与することができ。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施形態に係わるパターン寸法測定方法を説明するためのフローチャート。

【図2】多点測定を行うツインホールパターンの例を示す図。

【図3】格子分割及び測定点の設定の仕方を説明するための図。

【図4】格子が菱形の例を示す図。

【図5】画像テンプレートの例を示す図。

【図6】第2の実施形態における格子分割と測定点設定の仕方を説明するための図。

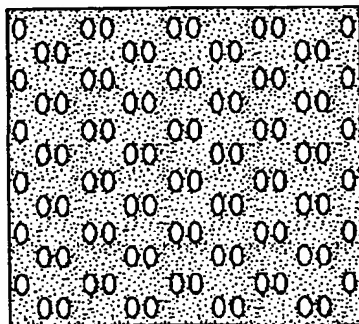
【図7】第3の実施形態における格子分割と測定点設定の仕方を説明するための図。

【図8】第5の実施形態方法における測定点の設定の仕方を説明するための図。

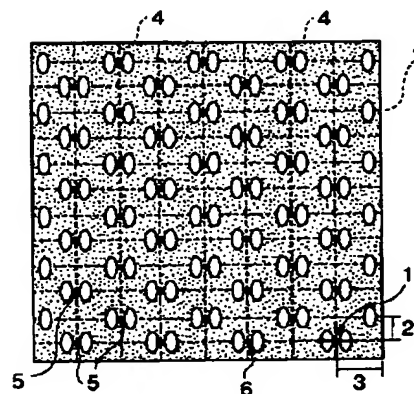
【符号の説明】

- 1…測定開始点
- 2…縦方向のピッチ
- 3…横方向のピッチ
- 4…格子
- 5…測定点
- 6…測定開始点の次に測定される測定点
- 8…テンプレート上のマッチングポイント
- 9…マッチングポイント
- 10…マッチングポイントに付与された番号
- 11…格子の最小単位の頂点
- 12…最小単位格子の頂点を結んだ直線
- 13…最小単位格子の頂点同士の距離
- 14…観察領域の原点
- 15…原点に近いパターンのマッチングポイント
- 16…原点に近いパターンに対して水平方向に隣接するパターンのマッチングポイント
- 17…原点に近いパターンに対して垂直方向に隣接するパターンのマッチングポイント
- 18…パターン間の水平方向の距離
- 19…パターン間の垂直方向の距離
- 20…原点に近いパターン
- 21…原点に近いパターンに最隣接するパターン
- 22…原点に近いパターンとそれに隣接するパターンとを結ぶ線が水平線に対してなす角度
- 23、24…原点に近いパターンのマッチングポイントを通り水平線と角度22をなす直線
- 25…直線23に対して平行な直線
- 26…直線24に対して平行な直線
- 27…マッチングポイント
- 28…マッチングポイント27にB方向に最隣接するマッチングポイント
- 29…マッチングポイント27にA方向に最隣接するマッチングポイント

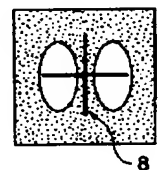
【図2】



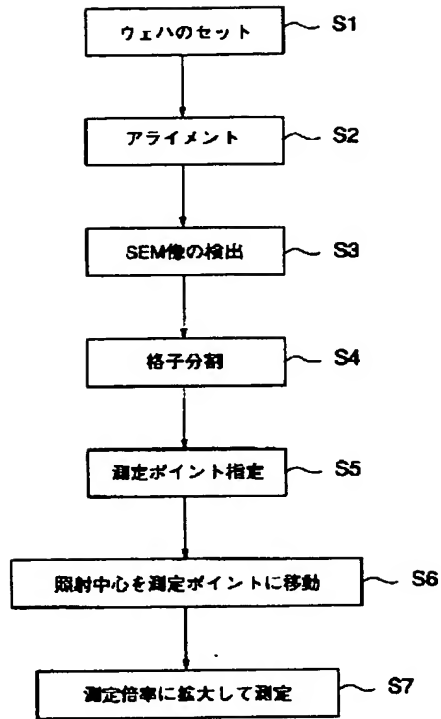
【図3】



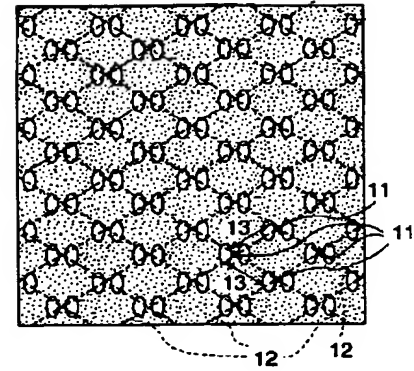
【図5】



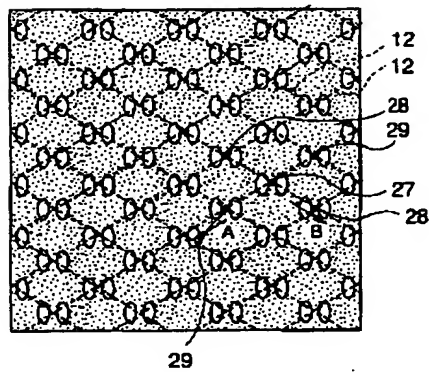
【図1】



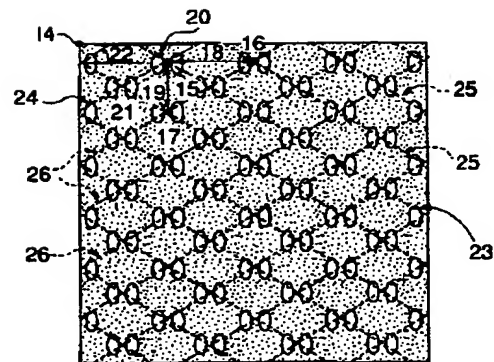
【図4】



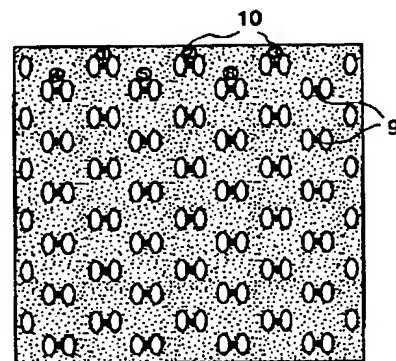
【図6】



【図7】



【図8】



THIS PAGE BLANK (USPTO)